

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-259151

(43)Date of publication of application : 16.09.1994

(51)Int.Cl.

G05F 1/585
G05F 1/56
// H02P 7/00

(21)Application number : 05-075359

(71)Applicant : YASKAWA ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 08.03.1993

(72)Inventor : ISHIDA KIYOSHI

(54) CURRENT CONTROL CIRCUIT

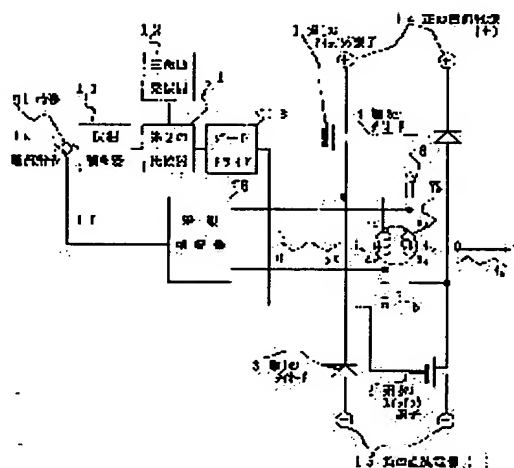
(57)Abstract:

PURPOSE: To increase the load capacity by supplying the detection currents of plural coils magnetically connected together to a differential amplifier and applying a pulse to the gate terminal of a switching element in response to the deviation between the output of the differential amplifier and a current command.

CONSTITUTION: Two coils of an electromagnet 72 are magnetically connected to each other so that their magnetic fluxes are generated in the same direction.

Then a comparator 11 compares the signal of a rectangular wave transmitter 12 with the current of the electromagnet 72 to generate the pulse string signal in response to the result of comparison performed between the current of the electromagnet 72 detected by a differential amplifier 8 and the current command input of a comparator 9. A command is sent to a gate driver 13 and the switching elements 1 and 2 are repetitively turned on and off. When both elements 1 and 2 are turned on, the currents flowing to the electromagnet 72

are increased and then reduced vice versa. Therefore the elements 1 and 2 can work in a normal state and with no breakage even if no synchronization is secured between both elements. Thus the load capacity is increased without increasing the capacity of a switching element.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 22.02.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3332045

[Date of registration] 26.07.2002

THIS PAGE BLANK (USPTO)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 発生する磁束が同方向になるように磁気結合された一組の第1、第2のコイルを備え、該第1のコイルの一端が、第1のスイッチング素子の一端と第1のダイオードのカソードとの接続点に接続され、前記第1のコイルの他端が第1の電流検出器を介して接地され、前記第1のスイッチング素子の他端が正の直流電源に接続され、前記第1のダイオードのアノードが負の直流電源に接続されるとともに、前記第2のコイルの一端が、第2のスイッチング素子の一端と第2のダイオードのアノードとの接続点に接続され、前記第2のコイルの他端が第2の電流検出器を介して接地され、前記第2のスイッチング素子の他端が前記負の直流電源に接続され、前記第2のダイオードのカソードが前記正の直流電源に接続され、前記第1、第2のコイルの検出電流を入力する差動増幅器と、該差動増幅器の出力と電流指令との偏差に応じてデューティの変わる出力パルスを前記第1、第2のスイッチング素子のゲート端子に印加するゲートドライバとを備えたことを特徴とする電流制御回路。

【請求項2】 前記第1、第2のコイル、第1、第2のスイッチング素子、第1、第2の電流検出器および前記第1、第2のダイオードをそれぞれ同じ複数個備え、前記正の直流電源を前記複数の第1のスイッチング素子および複数の第2のダイオードに、前記負の直流電源を前記複数の第2のスイッチング素子および複数の第1のダイオードにそれぞれ共通に接続し、前記複数の第1、第2のスイッチング素子のゲート端子に接続されたゲートドライバと、前記複数の第1、第2のコイルの検出電流を入力する差動増幅器とを備えたことを特徴とする電流制御回路。

【請求項3】 電動機の固定子に各相ごとに巻回された前記第1、第2のコイルと、各相ごとに設けられ、前記第1、第2のスイッチング素子を駆動するゲートドライバと、前記第1、第2のコイルの検出電流を入力する各相ごとに設けられた差動増幅器とを備え、各相ごとに電流指令と前記差動増幅器の出力との偏差に応じて前記ゲートドライバを駆動することを特徴とする電流制御回路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、インダクタンスを含む電磁石や電動機などを負荷とするスイッチング素子からなる電流制御回路の改良に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 産業用サーボモータや、非接触支持する磁気軸受及び磁気浮上装置には電流制御回路が用いられ、これらの性能を向上するには電流制御回路の性能を向上しなければならない。そこで最近ではスイッチング素子を用いた電流制御回路が用いられており、損失

低減が図られている。スイッチング素子を用いる従来の電流制御回路のうち、一方向のみの電流を供給する方式のものを図4を用いて説明する。図において1は第1のスイッチング素子、2は第2のスイッチング素子、3は第1のダイオード、4は第2のダイオード、5は電流検出用の第1のシャント抵抗、6は電流検出用の第2のシャント抵抗、7はインダクタンスをもつ負荷の電磁石、8は電流検出用の差動増幅器、9は比較器、10は位相制御器、11は第2の比較器、12は三角波発振器、13はゲートドライバである。第1のスイッチング素子1は3端子の内の1端子を主回路電源の(+)側に、もう1端子を第1のダイオード3のカソードに接続されている。第2のスイッチング素子2は3端子の内の1端子を第2のダイオード4のアノードに、もう1端子を第2のシャント抵抗6を介して主回路電源のグラウンドに接続されている。第1のダイオード3のアノードは第1のシャント抵抗5を介して主回路電源のグラウンドに接続され、第2のダイオード4のカソードは主回路電源の(+)側に接続されている。電磁石7の一方の端子は第1のスイッチング素子1と第1のダイオード3のカソードの接点に接続され、もう一方の端子は第2のダイオード4と第2のスイッチング素子2の接点に接続されている。差動増幅器8の2つの入力端子の内、一方は第1のダイオード3と第1のシャント抵抗5の接点に接続され、もう一方は第2のスイッチング素子2と第2のシャント抵抗6の接点に接続されている。比較器9の2つの入力のうち1つは電流指令入力であり、もう1つは差動増幅器8の出力であり、比較器9の出力は位相制御器10の入力に接続されている。第2の比較器11の一方の入力は位相制御器10の出力に接続されており、もう一方の入力は三角波発振器12の出力に接続されている。ゲートドライバ13の入力は第2の比較器11の出力に接続され、2つの出力のうち1つは第1のスイッチング素子1のゲートに接続され、もう1つは第2のスイッチング素子2のゲートに接続されている。このような構成において、差動増幅器8で検出される主回路電流すなわち負荷電磁石7に流れる電流が比較器9の電流指令入力より小さいとき、位相制御器10が働いて出力信号を大きくする。この信号を受けた第2の比較器11は三角波発振器12の信号と比較してパルス列信号を発生させゲートドライバ13に指令を送る。これを受けてスイッチング素子1、2はオンとオフを繰り返す。オンの時、負荷の電磁石7に流れる電流は増加し、オフの時、負荷の電磁石7に流れる電流は減少する。位相制御器10の出力が大きくなるとオンの確率が高くなるため負荷の電磁石7に流れる電流は平均的に増加する。一方、差動増幅器8で検出される主回路電流が比較器9の電流指令入力より大きいとき、位相制御器10が働いて出力信号を小さくする。この信号を受けた第2の比較器11は三角波発振器12の信号と比較してパルス列信号を発生させゲートド

3

ライバ13に指令を送る。これを受けてスイッチング素子1、2はオンとオフを繰り返す。オンの時、負荷の電磁石7に流れる電流は増加し、オフの時、負荷の電磁石7に流れる電流は減少する。位相制御器10の出力が小さくなるとオンの確率が低くなるため負荷の電磁石7に流れる電流は平均的に減少する。このように、スイッチング素子1、2がオンとオフを繰り返すので負荷の電磁石7の電流は三角波状のリップルを持つが、平均的には比較器9に入力される電流指令に追従し電流制御される。この電流制御の応答性を向上するには負荷の電磁石7のインダクタンスを小さくするのが1つの手段であるが、インダクタンスを小さくすると電流リップルが大きくなるため三角波発振器12の発振周波数を大きくしてリップルの増加を押さえている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】このように、電流応答を向上する場合、三角波発振器12の発振周波数を高くしていくのでスイッチング素子の遅れが無視できなくなる。スイッチング素子1、2は同時にオンすることが必要であるが、実際にはそれぞれ微妙に遅れが異なるため、素子に応じたゲートドライバ13を構成する必要がある。このゲートドライバ13の構成は三角波発振器12の発振周波数が高くなればなるほど難しくなり、手間がかかるという欠点がある。また負荷に応じて電流容量を上げるときスイッチング素子の容量を上げれば済むことであるが実際の素子には制限があるため、同じ電流制御系を2つ構成し負荷の電磁石にコイルを2つ巻き、並列にドライブする方法(特開昭61-113216、特開昭62-43713)なども考えられている。しかし同じ構成を2セット準備することは不経済というだけでなく、2つの制御系が干渉し様々なトラブルを引き起こすという欠点を持っている。本発明は、スイッチング素子の同期を完全にする必要がなく、また、スイッチング素子の容量を上げることなく負荷容量を上げられる電流制御回路を提供することを目的とする。

【0004】

【課題を解決するための手段】このような目的を達成するため、本発明は、発生する磁束が同方向になるように磁気結合された一組の第1、第2のコイルを備え、該第1のコイルの一端が、第1のスイッチング素子の一端と第1のダイオードのカソードとの接続点に接続され、前記第1のコイルの他端が第1の電流検出器を介して接地され、前記第1のスイッチング素子の他端が正の直流電源に接続され、前記第1のダイオードのアノードが負の直流電源に接続されるとともに、前記第2のコイルの一端が、第2のスイッチング素子の一端と第2のダイオードのアノードとの接続点に接続され、前記第2のコイルの他端が第2の電流検出器を介して接地され、前記第2のスイッチング素子の他端が前記負の直流電源に接続され、前記第2のダイオードのカソードが前記正の直流電

4

源に接続され、前記第1、第2のコイルの検出電流を入力する差動増幅器と、該差動増幅器の出力と電流指令との偏差に応じてデューティの変わる出力パルスを前記第1、第2のスイッチング素子のゲート端子に印加するゲートドライバとを備えたものである。

【0005】

【作用】このように構成すると、2つのスイッチング素子がオンすると、一方のコイルの電流は主回路電源の(+)側からスイッチング素子とコイル及び電流検出用シャント抵抗を経由してグラウンドに流れるため電流が増加し、もう一方のコイルの電流は主回路電源のグラウンド側から電流検出用シャント抵抗とコイル及びスイッチング素子を経由して(-)側に流れるため電流が増加し、2つのスイッチング素子がオフすると、一方のコイルの電流は主回路電源の(-)側からダイオードとコイル及び電流検出用シャント抵抗を経由してグラウンドに流れるため電流が減少し、もう一方のコイルの電流は主回路電源のグラウンド側から電流検出用シャント抵抗とコイル及びダイオードを経由して(+)側に流れるため電流は減少し、2つのスイッチング素子の同期がとれなくてもスイッチング素子を破損することなく上記の何れかの正常な動作をするため、十分に調整されたゲートドライバを必要とせず、全体の容量を上げるときは、負荷の電磁石に2つのコイルを追加して巻き、それぞれに前述と同じ主回路を構成することで上記と同じ動作をするため、また他の制御回路を付加する必要が無い場合、容量を上げることが容易になるのである。

【0006】

【実施例】図1は、本発明の実施例を説明する図である。図において1は第1のスイッチング素子、2は第2のスイッチング素子、3は第1のダイオード、4は第2のダイオード、5は電流検出用の第1のシャント抵抗、6は電流検出用の第2のシャント抵抗、72はインダクタンスをもつ負荷の電磁石、8は電流検出用の差動増幅器、9は比較器、10は位相制御器、11は第2の比較器、12は三角波発振器、13はゲートドライバである。第1のスイッチング素子1は3端子の内の1端子を主回路電源の(+)側に、もう一端子を主回路電源の(-)側にアノードを接続した第1のダイオード3のカソードに接続されている。第2のスイッチング素子2は3端子の内の1端子を主回路電源の(+)側にカソードを接続した第2のダイオード4のアノードに、もう1端子を主回路電源の(-)に接続されている。電磁石72は2つのコイルが巻回されており、2つのうち一方のコイルは一端を第1のシャント抵抗5を介してグラウンドに接続されており、もう一端は第1のスイッチング素子1と第1のダイオード3の接点に接続されており、もう一方のコイルは一端を第2のシャント抵抗6を介してグラウンドに接続されており、もう一端は第2のダイオード4と第2のスイッチング素子2の接点に接続されている。

5

電磁石72の2つのコイルは、電流が一方のコイルから第1のシャント抵抗5に流れる方向と、電流が第2のシャント抵抗6からもう一方のコイルへ流れる方向とが同じになるように巻回されている。電磁石72の一方のコイルと第1のシャント抵抗5の接点と、電磁石72のもう一方のコイルと第2のシャント抵抗6の接点とは、それぞれ差動増幅器8の2つの入力に接続されている。比較器9の2つの入力のうち1つは電流指令入力であり、もう1つは作動増幅器8の出力であり、比較器9の出力は位相制御器10に入力している。第2の比較器11の一方の入力は位相制御器10の出力であり、もう一方の入力は三角波発振器12の出力である。ゲートドライバ13の入力は比較器11の出力に接続され、2つの出力のうち1つは第1のスイッチング素子1のゲートに接続され、もう1つは第2のスイッチング素子2のゲートに接続されている。このような構成において、差動増幅器8で検出される主回路電流すなわち電磁石72の電流が比較器9の電流指令入力より小さいとき、位相制御器10が働いて出力信号を大きくする。この信号を受けた第2の比較器11は三角波発振器12の信号と比較してパルス列信号を発生させゲートドライバ13に指令を送る。これを受けてスイッチング素子1、2はオンとオフを繰り返す。ここで、電磁石72の2つのコイルの・印をつけた端子からコイルに電流が流れ込む方向をそれぞれの正の方向とする。スイッチング素子1、2がオンの時、電磁石72に流れる電流はいずれも増加し、オフの時、電磁石72に流れる電流はいずれも減少する。位相制御器10の出力が大きくなるとオンの確率は高くなるため電磁石72に流れる電流はいずれも平均的に増加する。一方、差動増幅器8で検出される主回路電流が比較器9の電流指令入力より大きいとき、位相制御器10が働いて出力信号を小さくする。この信号を受けた第2の比較器11は三角波発振器12の信号と比較してパルス列信号を発生させゲートドライバ13に指令を送る。これを受けてスイッチング素子1、2はオンとオフを繰り返す。オンの時、電磁石72に流れる電流はいずれも増加し、オフの時、電磁石72に流れる電流はいずれも減少する。位相制御器10の出力が小さくなるとオンの確率が低くなるため電磁石72に流れる電流はいずれも平均的に減少する。このように、スイッチング素子1、2がオンとオフを繰り返すので電磁石72の電流は三角波状のリップルを持つが、平均的には比較器9に入力される電流指令に追従し電流制御される。この電流制御の応答性を向上するには電磁石7のインダクタンスを小さくするのが1つの手段であるが、インダクタンスを小さくすると電流リップルが大きくなるため三角波発振器12の発振周波数を大きくしてリップルを小さくする。この時2つのスイッチング素子1、2の動作が微妙にずれてきても各コイルを含む主回路が別々であるため上記と同じ動作をし問題となることはない。例えば、2つのス

6

スイッチング素子1、2がオンで電磁石72の2つのコイルの電流が増加しているとき、スイッチング素子1だけがオフになるとスイッチング素子1の電流は流れなくなるが、代わりに主回路電源の(－)側から第1のダイオード3を通りコイルと第1のシャント抵抗5を通過してグラウンドに流れ、電流は減少する。また、2つのスイッチング素子1、2がオフで電磁石72の2つのコイルの電流が減少しているとき、第1のスイッチング素子1だけがオンになると、それまで主回路電源の(－)側から第1のダイオード3を通りコイルと第1のシャント抵抗5を通過してグラウンドに流れ減少していた電流は、第1のスイッチング素子1からコイルと第1のシャント抵抗5を通る電流の流れに代わり電流が増加しはじめる。2つのスイッチング素子1、2がオンで電磁石72の2つのコイルの電流が増加しているときに第2のスイッチング素子2だけにオフになると、2つのスイッチング素子1、2がオフで電磁石72の2つのコイルの電流が減少しているときに第2のスイッチング素子2だけがオンになると、の何れにおいても上記と同様の動作をする。従って、三角波発振器12の発振周波数を大きくするにつれてゲートドライバ13の調整を厳しくして2つのスイッチング素子1、2の同期を完全にする必要がない。また、電磁石72の容量を上げるときは、電磁石のコイル組を複数組とし、それぞれに図1と同様の主回路を構成し、追加したスイッチング素子のゲート信号としてゲートドライバ13の信号を共用し、電流検出用差動増幅器を追加してコイル組と同じ数の差動増幅器の信号を加算することで全電流を検出することができる。図2は本発明の第2の実施例を示すブロック図である。各コイルは同じ巻数であり、スイッチング素子1aがオンのとき、正の直流電源(+)→1a→コイル→シャント5→GND(接地)へ流れ、オフに切りかえると負の直流電源(－)→ダイオード3→コイル→シャント5→GND(接地)と流れる。したがって、(+)、(－)が電流を供給するばかりのため、各々の平均電流はコイル平均電流の1/2となる。同構成のコイルを増やしていくとき、それにつれて(+)、(－)の容量も増える。スイッチング周期の半分は(すなわち、全時間の半分は)フライホイール電流が電源をポンプアップしているので、従来は、同じ(+)に回生しているが、本発明では、(－)につないだスイッチング素子2aに同じ機能を持たせるようにしたものである。2aがオンするとGND→シャント6→コイル→2a→(－)へ流れ、オフにすると、GND→シャント6→コイル→ダイオード4→(+)へ流れ、(+)と(－)は電流が流れ込むだけなので、1aのオン、オフのときに供給のみしていた電流をうめ合わせることになる。したがって、2つのコイルに電流が流れても、(+)、(－)の電流は平均的にゼロとなり、電源を小容量にできる。容量を増やす時、コイル巻数を増やすと同時に巻数に応じて電圧を増やせば

7

同じ立上り（すなわち、同じ周波数特性）を維持できるが、大容量のスイッチング素子が必要になる。大容量では周波数特性が悪くなるのが一般的であり、制約が出てくることになる。そこで本発明のように（+）に接続のスイッチング素子と（-）に接続のスイッチング素子でペアとしている。これを容量アップする時、ペアで増やしていけば（+）、（-）の電流の供給と流れ込みが釣り合い、電源の容量を最小にすることができる。こうして電流制御回路の主要部分である比較器9と、位相制御器10と、第2の比較器11と、三角波発振器12を兼用して一つの電流制御系を構成するので従来方法で懸念されていた制御系の干渉の問題が生じることがない。以上、電磁石の電流を制御する実施例について示したが、本発明は電磁石の代わりにサーボモータのステータに供給する電流を制御する場合にも適用することができる。図3は、モータの固定子16に巻回されたコイルを示す図である。この図において、各コイルの端子a1、a2、a3、a4はそれぞれ図1と同じ端子を表している。他のコイル端子b1～b4、c1～c4も図1と同様の回路に接続される。各コイルに流れる電流をたとえば、120°位相のずれた電流指令で各相の電流を制御すればモータの回転子17を回転させる。

【0007】

【発明の効果】本発明によれば、スイッチング素子のゲート信号をスイッチング素子の動特性に合わせて厳しく調整することなくスイッチング形電流制御回路のキャリア周波数をあげて性能を向上することができ、スイッチング素子の容量を上げることなくコイルの巻数を増やし

8

対応する主回路と差動増幅器を追加するだけで負荷の容量、及び電流制御回路の容量を上げることができ、磁気軸受、磁気浮上装置、或いは産業用サーボモータの性能を向上する効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例を示すブロック図。

【図2】本発明の第2の実施例を示すブロック図。

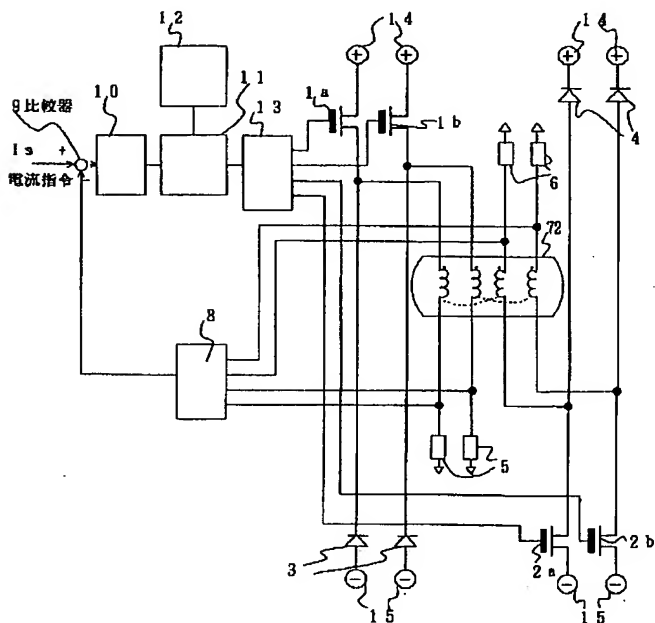
【図3】モータの固定子に巻回されたコイルを示す図。

【図4】従来の電流制御回路の実施例を示す図。

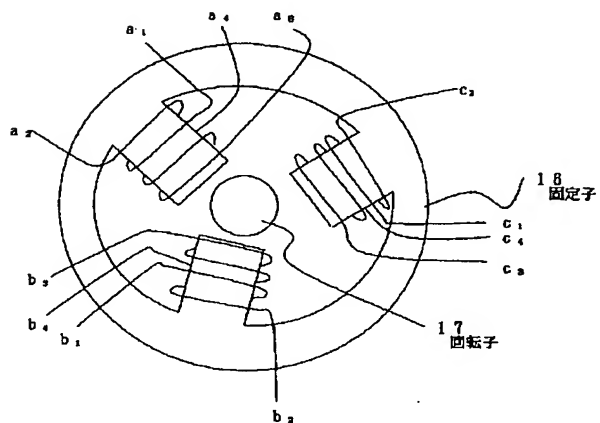
【符号の説明】

- 1 第1のスイッチング素子
- 2 第2のスイッチング素子
- 1 a、2 a、1 b、2 b スwitchング素子
- 3 第1のダイオード
- 4 第2のダイオード
- 5 第1の電流検出用シャント抵抗
- 6 第2の電流検出用シャント抵抗
- 7、7 2 電磁石
- 8 電流検出用差動増幅器
- 9 比較器
- 10 位相制御器
- 11 第2の比較器
- 12 三角波発振器
- 13 ゲートドライバ
- 14 正の直流電源
- 15 負の直流電源
- 16 固定子
- 17 回転子

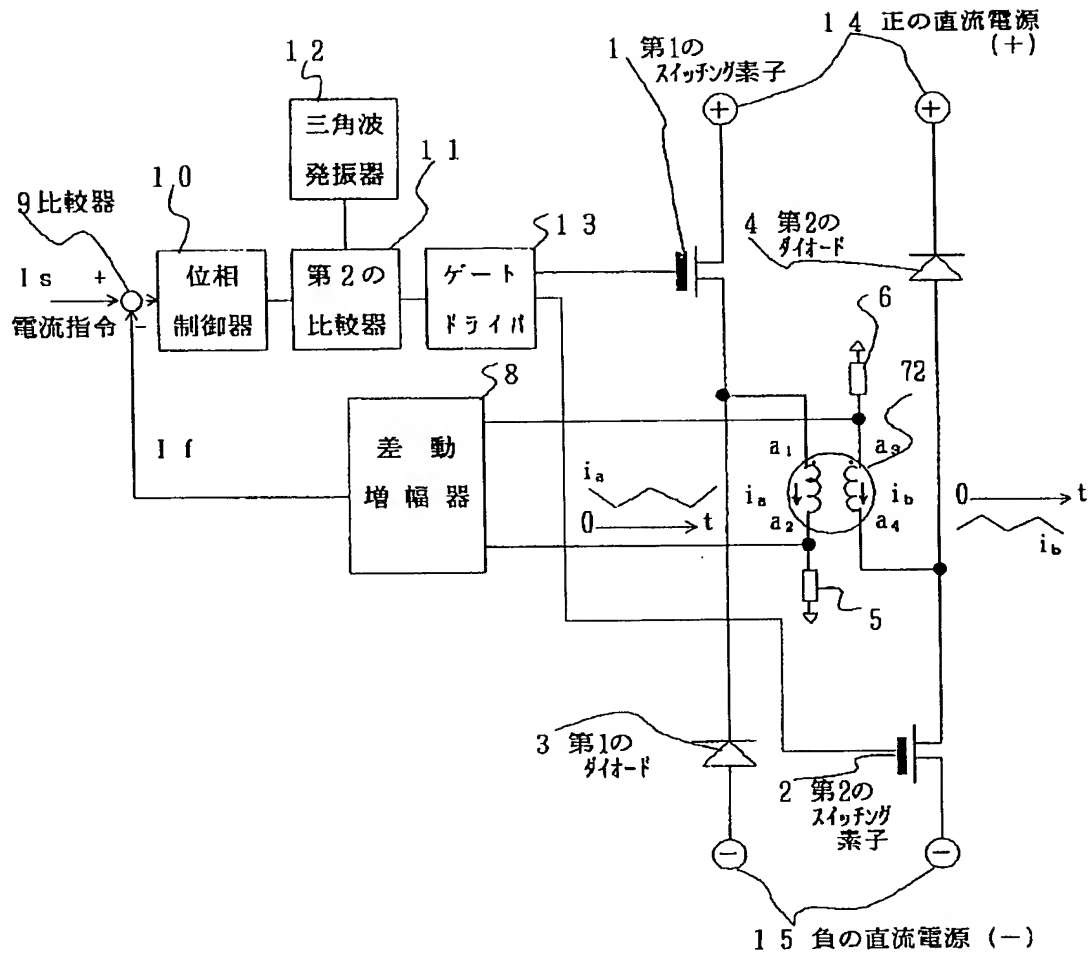
【図2】



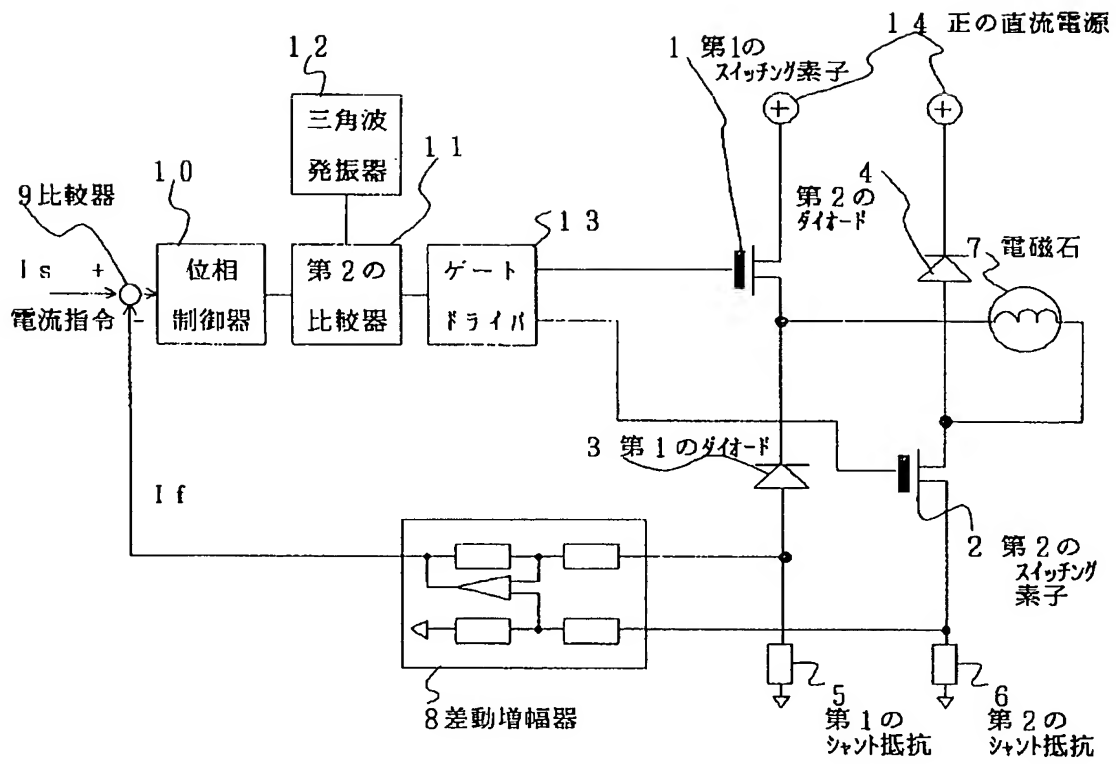
【図3】



【図1】



【図4】



THIS PAGE BLANK (USPTO)